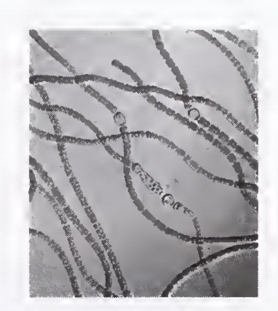


LA DIVERSIDAD
MICROBIANA
EN MÉXICO
Pág. 6



TOPOS Y
MUSARAÑAS:
ANIMALES
MISTERIOSOS Y
POCO CONOCIDOS
Pág. 11

AÑO 6 **NÚM. 32** SEPTIEMBRE DE 2000

BIODIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

LAS CACTÁCEAS

LAS CACTÁCEAS son una familia de plantas que habitan generalmente en ecosistemas desérticos; suelen tener tallos gruesos y carnosos, hojas que la evolución transformó en espinas, flores delicadas que contrastan con la corpulencia de la planta, de brillantes colores, vistosas y efímeras, y frutos jugosos. Sus peculiares características han fascinado a botánicos y especialistas, y sus extrañas y caprichosas formas han atrapado la atención de coleccionistas de todo el mundo. Las cactáceas son, hoy día, de las plantas más codiciadas del planeta.



ROSALBA BECERRA

LAS CACTÁCEAS, PLANTAS AMENAZADAS POR SU BELLEZA

La familia Cactaceae es endémica de América; su distribución natural abarca prácticamente todo el continente, con excepción de las regiones por encima de los 560^0 de latitud norte. Después del descubrimiento de América algunas especies fueron introducidas en otros continentes. Aunque existen muy pocos registros fósiles de los cactos, estudios realizados por especialistas consideran la zona tropical seca de Sudamérica como el probable centro de origen de la familia. A partir de aquí los cactos se han diversificado y han invadido casi todos los ambientes naturales de América, desde las selvas húmedas de Centroamérica, hasta los desiertos más secos de Perú, pasando por las selvas caducifolias, los bosques templados y algunas especies incluso han logrado establecerce en regiones que presentan nevadas durante el invierno. Sin embargo, la mayoría de las especies, alrededor de 70%, se distribuyen en regiones áridas y semiáridas, constituyendo en varias zonas elementos dominantes de la vegetación. En México, una gran variedad de cactáceas ha conquistado los extensos territorios áridos del norte y centro del país, llegando a ser, probablemente, las plantas más características del paisaje mexicano. Se calcula que la familia incluye alrededor de 110 géneros y cerca de 1 500 especies; con la presencia de alrededor de 52 géneros y 850 especies, nuestro país se considera como el de mayor diversidad para la familia.

Algunas de las regiones de alta diversidad florística de cactáceas en México son el valle de Tehuacán-Cuicatlán, localizado en los estados de Puebla y Oaxaca, el altiplano potosino y sur de Nuevo León, los valles intermontanos de Hidalgo y Querétaro y los bosques deciduos y espinosos de Tehuantepec. Como centro de diversificación de la familia, en México encontramos también un alto grado de endemismo: aproximadamente 18 géneros (35%) y 715 especies (84%) existen únicamente en nuestro país.

Los cactos han desarrollado adaptaciones asombrosas que les permiten enfrentar las adversas condiciones climáticas de las zonas áridas. La mayoría de sus características morfológicas y fisiológicas están relacionadas con un uso muy eficiente del agua. Su forma globosa y robusta les permite almacenar el preciado líquido, al mismo tiempo que disminuye la superficie de la planta expuesta al sol. La existencia de una cutícula impermeable que cubre toda la planta evita la pérdida de agua por transpiración; la entrada y salida del agua está regulada por los estomas. Al igual que otras plantas como las crasuláceas y los agaves, realizan la fotosíntesis por medio de un mecanismo conocido como metabolismo CAM (metabolismo ácido de las crasuláceas). Éste les permite realizar la fotosíntesis con un desfasamiento en el tiempo. Durante la noche, cuando la temperatura es menor, se abren los estomas para realizar el intercambio gaseoso, y el bióxido de carbono captado es almacenado en el tejido de la planta en forma de ácido. Durante el día cesa la transpiración y, aprovechando la luz solar, la planta realiza la síntesis de carbohidratos utilizando el bióxido de carbono almacenado durante la noche. Al no transpirar durante el día, la planta evita la pérdida excesiva de agua. Este proceso la obliga a producir grandes masas de tejido de almacenamiento, en el que además de acumular el ácido málico –en el cual se fija el bióxido de carbono– se almacena agua. La energía que la planta gasta en producir este tejido repercute directamente en su crecimiento, ya que la proporción entre el tejido de almacenamiento y el de crecimiento es mayor que en el de la mayoría de las plantas, motivo por el cual las cactáceas tienen un lento crecimiento. La falta de hojas y la presencia de espinas o pelos refrigerantes en algunas especies, ayuda a la planta a disminuir el calor provocado por la incidencia de los rayos solares. No



La mayoría de las especies de cactáceas que se encuentran amenazadas pertenecen a poblaciones pequeñas, de distribución restringida, o son especies recientemente descubiertas por la ciencia, por lo que se conoce muy poco de su biología.

obstante, no es raro que el tallo alcance temperaturas muy elevadas, que en otras plantas las podrían llevar al atrofiamiento de sus tejidos. Estudios recientes han encontrado que algunas sustancias producidas por ciertas células vegetales pueden incrementar la tolerancia a las altas temperaturas; la presencia de dichas sustancias (proteínas de choque térmico) se ha comprobado en varias especies de cactos.

Sin embargo, las mismas características que les han permitido ser tan exitosas en medios áridos, representan limitaciones en otros medios. La gran cantidad de agua presente en sus tejidos les impide sobrevivir en lugares donde la temperatura desciende por debajo de cero grados centígrados por periodos prolongados, ya que esto provocaría la muerte de sus tejidos por congelación; por ello, la distribución de las cactáceas se limita a las regiones tropicales.

El uso de las cactáceas en México es muy variado y se remonta a épocas anteriores a la llegada de los españoles. Diversas fuentes testifican la importancia que estas plantas tenían para las diferentes culturas que habitaban en nuestro territorio. El consumo de los tallos y los frutos como alimento humano es, probablemente, el uso más común que los antiguos pobladores de México dieron a estos vegetales. Sin embargo, muchas especies tenían un uso medicinal o eran fuente de materias primas para la construcción y la elaboración de armas de caza y pesca, así como de diversas herramientas. Algunas de ellas llegaron a tener un significado divino y se utilizaban en ceremonias religiosas. Tal es el caso del peyote (*Lophophora williamsii*), un pequeño cacto con propiedades alucinantes que hasta la fecha es importante dentro de las creencias y costumbres de varios grupos étnicos, como los huicholes, tarahumaras, coras y tepehuanes.

Prácticamente todas las partes de las plantas han sido utilizadas para el consumo humano. Actualmente los tallos de algunas especies de biznagas (nombre común que se da a los cactos de forma globosa) de los géneros *Melocactus*, *Echinocactus* y *Mamillaria*, se utilizan en la confección del tradicional dulce de acitrón, muy popular en el centro del país. Destaca, por supuesto, el consumo de varias especies del género *Opuntia*, cuyos tallos jóvenes, conocidos comúnmente como nopalitos, y frutos, conocidos como tunas, son cada vez más populares, incluso fuera de México. Las conocidas pitayas, tunillos, teteches, garambullos y xoconoxtles, son otros frutos de cactos que tradicionalmente han sido recolectados por los habitantes de las zonas áridas del país.



Corte de una biznaga para preparar dulce.

Además de su uso como alimento humano, las distintas especies de cactos se han utilizado para fines muy diversos, como cercos vivos, para retener el suelo, como forraje, como fuentes de mucílagos, gomas y pectinas, como colorantes, etc. Pero su uso más común, quizá sea como plantas ornamentales.

La atracción del hombre por las cactáceas no es reciente. Ya en la época prehispánica eran plantas muy valoradas por su belleza. Se sabe que en los jardines de Nezahualcóyotl los cactos ocupaban un lugar importante y entre ellos se encontraban especies traídas de lugares muy lejanos. Cuando los españoles llegaron a México, la rareza y hermosura de estas plantas los sorprendieron de tal manera que inmediatamente comenzaron a colectarlas y enviarlas al viejo continente, iniciando así un comercio que a lo largo de los años las ha llevado a


Valle de Tehuacán, Puebla.

Número de especies de cactáceas que aparecen en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994. De las 257 especies inscritas, 238 son endémicas de México.

En peligro de extinción	24
Amenazadas	96
Raras	135
Protección especial	2
Total	257

ser uno de los grupos de plantas más amenazados en nuestro país. Los primeros ejemplares que cruzaron el Atlántico llegaron a España a principios del siglo XVI, y a finales de ese mismo siglo ya se registran en diversos jardines botánicos y colecciones particulares en Italia, Alemania y Holanda. No obstante que el saqueo de plantas ha sido constante desde entonces, es desde el siglo pasado cuando la cactofilia se ha convertido en una seria amenaza para esta familia. El saqueo ha sido brutal, miles de toneladas de plantas han sido arrancadas de su hábitat natural para ir a formar parte de jardines y colecciones privadas en todo el mundo.

La demanda internacional se ha abastecido fundamentalmente con la extracción de plantas y semillas de su hábitat natural. La afición de muchos coleccionistas por adquirir plantas exóticas representa una presión para las poblaciones silvestres. Los precios que se llegan a pagar por un ejemplar alcanzan magnitudes realmente impresionantes; en 1994, por ejemplo, compradores japoneses ofrecían dos mil dólares por un ejemplar de *Geohintonia mexicana* o de *Aztekium hintonii*. Esta situación ha llevado al desarrollo de una compleja red de comercio ilegal que ha afectado de manera determinante las poblaciones naturales y ha colocado a muchas especies en situación de riesgo. La Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-1994), en la que se establecen las especificaciones para la protección de las especies de flora y fauna silvestres, incluye 257 especies de cactáceas en alguna categoría de riesgo, 24 en peligro de extinción, 96 amenazadas, 135 raras y dos sujetas a protección especial, es decir, cerca de la tercera parte de la flora cactológica del país se encuentra amenazada. Del total de estos cactos, 92% (238 especies) son endémicos de México.

La problemática de la protección y conservación de las cactáceas es muy compleja. La mayoría de las especies que se encuentran amenazadas pertenecen a poblaciones pequeñas, de distribución restringida, o son especies recientemente descubiertas por la ciencia, por lo que se conoce muy poco de su biología. A esto se agrega el hecho de que la mayoría presenta un lento crecimiento y tiene ciclos de vida muy largos. Vemos pues que sus características tanto biológicas como ecológicas hacen de las cactáceas un grupo altamente vulnerable.

Actualmente la legislación mexicana contempla la protección de muchas especies silvestres consideradas como amenazadas. Para colectar especímenes del campo es necesario obtener autorización del Instituto Nacional de Ecología de la Semarnap, institución que permite la extracción de plantas y semillas para investigación científica o para su propagación y cultivo en viveros autorizados; en los permisos emitidos por el INE se especifican las especies, el número de plantas, semillas y propágulos que se permite colectar, así como el lugar, el responsable de la colecta y su vigencia.

Las 257 especies amenazadas también se encuentran inscritas en los apéndices I, II y III de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), organización que regula, en el ámbito internacional, el comercio de plantas y animales silvestres consideradas en peligro, mediante un sistema de permisos.

Muchos son los esfuerzos que se han hecho por proteger estas codiciadas plantas; dentro de ellos destaca el valioso trabajo realizado por diversos jardines botánicos, así como por varios centros de investigación y asociaciones civiles. Algunos investigadores se han dado a la tarea de estudiar la distribución y biología de las cactáceas, al mismo tiempo que se han creado centros de propagación y distribución de cactos como una medida que ayude a disminuir la presión sobre las poblaciones naturales. Dentro de estos centros se llevan a cabo progra-



Plantación de nopal en Tlayacapan, Morelos.

Opuntia sp.

Ferocactus sp.
Fotografías: © Fulvio Eccardi

mas de educación y difusión sobre técnicas de cultivo. Algunos ejemplos son el Cactario Regional y Jardín Botánico "Hernando Sánchez-Mejorada" en el estado de Querétaro, el Jardín Botánico del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara, el Jardín Botánico de la UNAM, y algunas asociaciones civiles como el grupo CANTE. Según datos del INE, dentro de los jardines botánicos de todo el país se encuentran ejemplares de 454 especies de la familia Cactaceae. Hoy día es posible comprar, incluso por Internet, ejemplares de cactos cultivados en viveros que portan un certificado de la CITES.

No obstante todos los esfuerzos por proteger la flora cactológica, poco se ha logrado para desanimar la sobrecolecta. Existe una gran falta de conocimiento y entendimiento de la problemática por parte del público en general, e incluso muchas personas involucradas en el comercio, sobre todo recolectores, no saben que al colectar plantas del campo incurren en un delito.

El futuro de muchas especies depende de la capacidad que tengamos para lograr revertir el proceso de saqueo y el gusto por la colección de cactos deje de ser una actividad destructiva para convertirse en el mecanismo que los proteja y conserve.

Bibliografía

Arias, S. Cactáceas: conservación y diversidad en México. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* XLIV:109-115, 1993.

Arias, S. Distribución, grupos taxonómicos y formas de vida. En: *Suculentas mexicanas, cactáceas.* CVS Publicaciones-CONABIO-UNAM-Semarnap, México, 1997.

Bravo, H. *Las cactáceas de México.* Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1978.

Bravo, H. y H. Sánchez-Mejorada. *Las cactáceas de México.* Vol. III. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1991.

Ezcurra, E. De árboles leñosos a suculentas espinosas. En: *Suculentas mexicanas, cactáceas.* CVS Publicaciones-CONABIO-UNAM-Semarnap, México, 1997.

Franco, S. Legislación y conservación. En: *Suculentas mexicanas, cactáceas.* CVS Publicaciones-CONABIO-UNAM-Semarnap. México, 1997.

Olfield, Sara (comp.) *Cactus and succulent plants. Status survey and conservation action plan.* IUCN/SSC Cactus and Succulent Specialist Group. IUCN, Gland, 1997.

Renato Cappello[1,2], Carmen Donovarros[3], Silvia Giono[1,4]

LA DIVERSIDAD MICROBIANA EN MÉXICO

La vida en la Tierra no sería posible sin la actividad continua de los microorganismos. Los mecanismos que mantienen la diversidad microbiana de la biosfera son la base de la dinámica de los sistemas terrestres, acuáticos y aéreos. Es decir, la base de la existencia de las selvas y de los sistemas agrícolas, entre otros. Por ejemplo, la diversidad microbiana del suelo es la causa de la fertilidad del mismo. Esto va más allá del papel que se les adjudicaba tradicionalmente, el cual se restringía a la degradación y reciclaje de la materia orgánica y al mantenimiento de los principales ciclos de fijación, captación y liberación de algunos elementos químicos y sus principales compuestos. Comúnmente no se concibe la extinción de las comunidades microbianas (clonas o cepas); sin embargo, el impacto de esta posibilidad será evidente cuando decaigan las funciones ecosistémicas reguladas por los microorganismos.

El vertiginoso desarrollo de la biología molecular provocó que la microbiología quedara relegada a fungir como una herramienta de trabajo y fuera abordada con enfoques independientes y muy específicos, como un medio para resolver problemas concretos. Actualmente, la microbiología se halla ante nuevos paradigmas. En la década de los noventa se han iniciado tanto la convergencia como la fusión de sus diferentes áreas (médica, biotecnológica, agrícola, de biorremedación, de alimentos e industrial) y sus metodologías, con una fuerte tendencia a unificar su tratamiento a partir del reconocimiento de la importancia *per se* de la diversidad de micro-organismos que existen en el planeta.

En los albores del siglo XXI es urgente concebir el desarrollo de la microbiología sobre la base de los nuevos paradigmas, sobre la Diversidad Biológica – y el Protocolo de Bioseguridad –, y la globalización mundial, tanto comercial como industrial y económica. Estas iniciativas tienen intereses diferentes en el estudio de los microorganismos. Sin embargo, coinciden en la necesidad de incre-mentar el conocimiento de la diversidad microbiana. Cuando se alude a diversidad biológica, viene a la mente sólo la multiplicidad de plantas y animales, cuando –paradójicamente– la mayor diversidad corresponde a los microorganismos (bacterias, hongos, algas, protistas y virus). Se estima que tan solo se ha aislado entre 1 y 3% de los microorganismos que existen, de los cuales muy pocos han sido estudiados.

Las fuerzas que promueven la obtención de nuevos conocimientos en el área de la diversidad microbiana son la científica, la industrial y la ambiental (con sus consecuentes implicaciones sociales, económicas y políticas), las cuales convergen en la necesidad de aumentar el conocimiento sobre la diversidad microbiana, sin dejar de lado sus propios fines (fig. 1). En el punto de convergencia de estas tres fuerzas se encuentra la disputa por el acceso directo a dicha diversidad: mientras que la industria biotecnológica la requiere para transformarla en bienes de consumo novedosos (innovación tecnológica) y así generar riqueza, para las políticas ambientales, como el Convenio sobre la Diversidad Biológica, lo importante es incorporarla a los procesos de desarrollo sustentable y la conservación de la biodiversidad misma. Es importante señalar que aunque las tres fuerzas pueden parecer contrarias, son interdependientes, pues se requiere su participación para usufructuar algún beneficio de la diversidad microbiana, debido a la magnitud que supone el problema de estudiar la microbiodiversidad. Sin embargo, en el fondo está latente definir quién controlará los beneficios.

Hasta hace poco la noción sobre diversidad microbiana prácticamente no figuraba de forma consciente en los programas ambientales, e incluso para los biólogos y para los microbiólogos ésa era una realidad poco conocida. Entonces

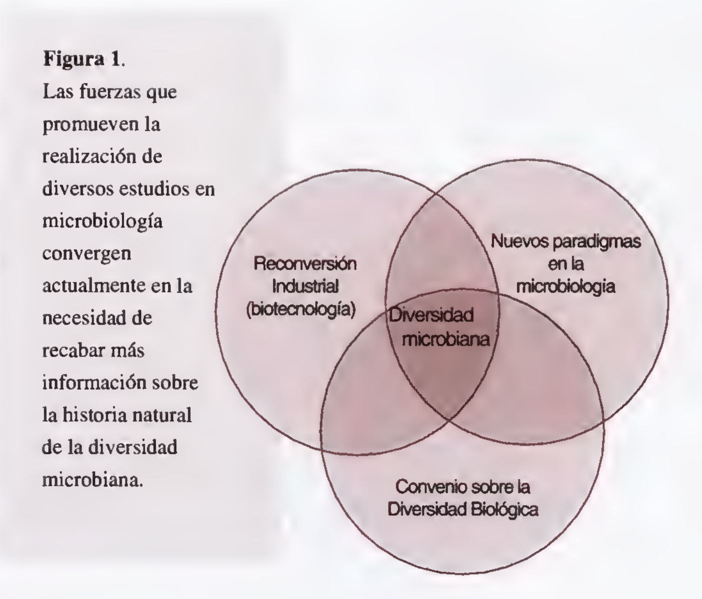
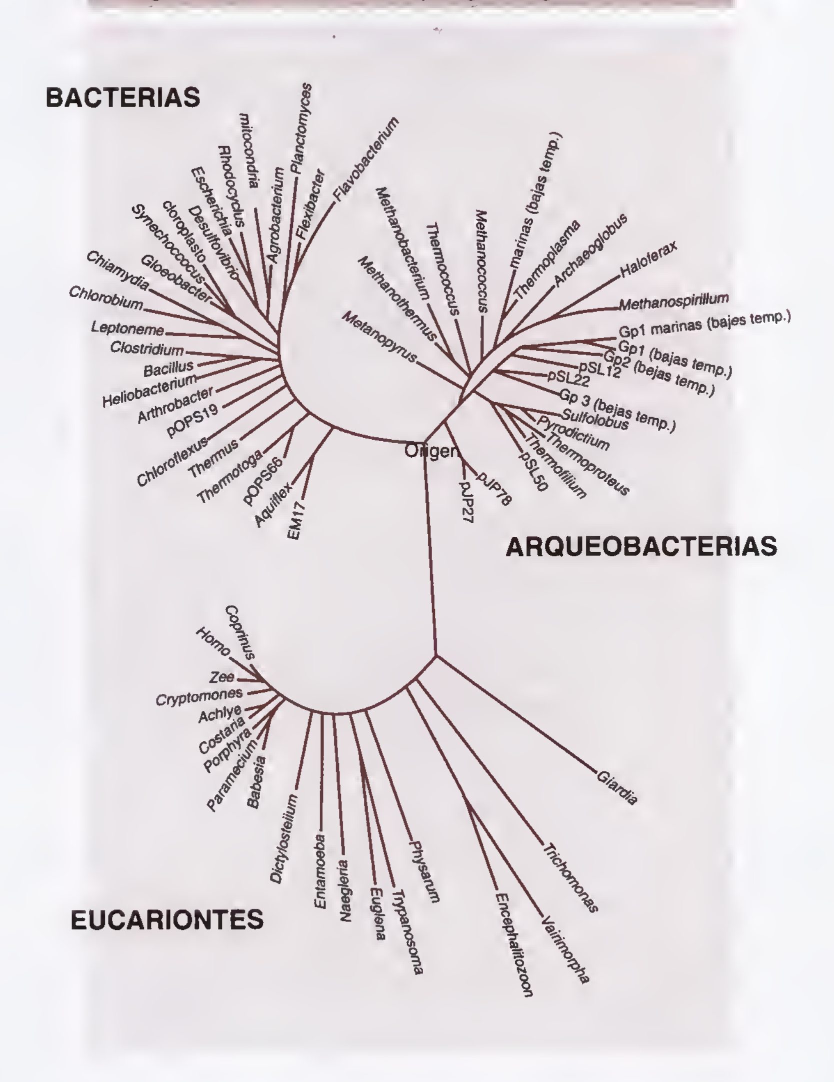


Figura 1.
Las fuerzas que promueven la realización de diversos estudios en microbiología convergen actualmente en la necesidad de recabar más información sobre la historia natural de la diversidad microbiana.

surgen las preguntas ¿por qué a fines de los años 90 adquiere relevancia la diversidad microbiana? ¿Qué cambios han ocurrido que ahora es posible hablar de la diversidad de los microbios con una importancia equiparable a la de los macroorganismos? Siempre se concibió que los microorganismos eran diversos, en un sentido limitado circunscrito a un aspecto de los mismos, como pudiera ser el genético o el metabólico, pero no en un contexto amplio e integral como el ecológico y evolutivo. A partir de los años 90 ocurrieron cambios muy importantes en el estudio de la diversidad de los microorganismos, pues se consolidó el uso de nuevas herramientas, las cuales permiten estudiarlos a fondo. Éstas se dieron a partir del desarrollo de tres disciplinas: la biología molecular, por medio de la cual se ha determinado la secuencia de los ácidos nucleicos y la estructura de las proteínas; la evolución molecular, que ha permitido analizar los cambios estructurales que han operado a lo largo del tiempo, y la informática, que ha permitido almacenar y procesar al gran volumen de datos obtenidos por las dos primeras. Esto ha redimensionado la biología y, en particular, la microbiología, pues se han consolidado los métodos que ahora le permiten al hombre estudiar la diversidad de los microorganismos

Figura 2. Diversidad microbiana y filogenia, según Woese, 1994.





Cyanobacterium

Los microorganismos son más diversos que los macroorganismos por su larga historia evolutiva y por su rápida capacidad para adaptarse a los cambios ambientales.

en términos similares a los que utiliza para plantas, animales y hongos, cosa que hasta hace poco era imposible imaginar.

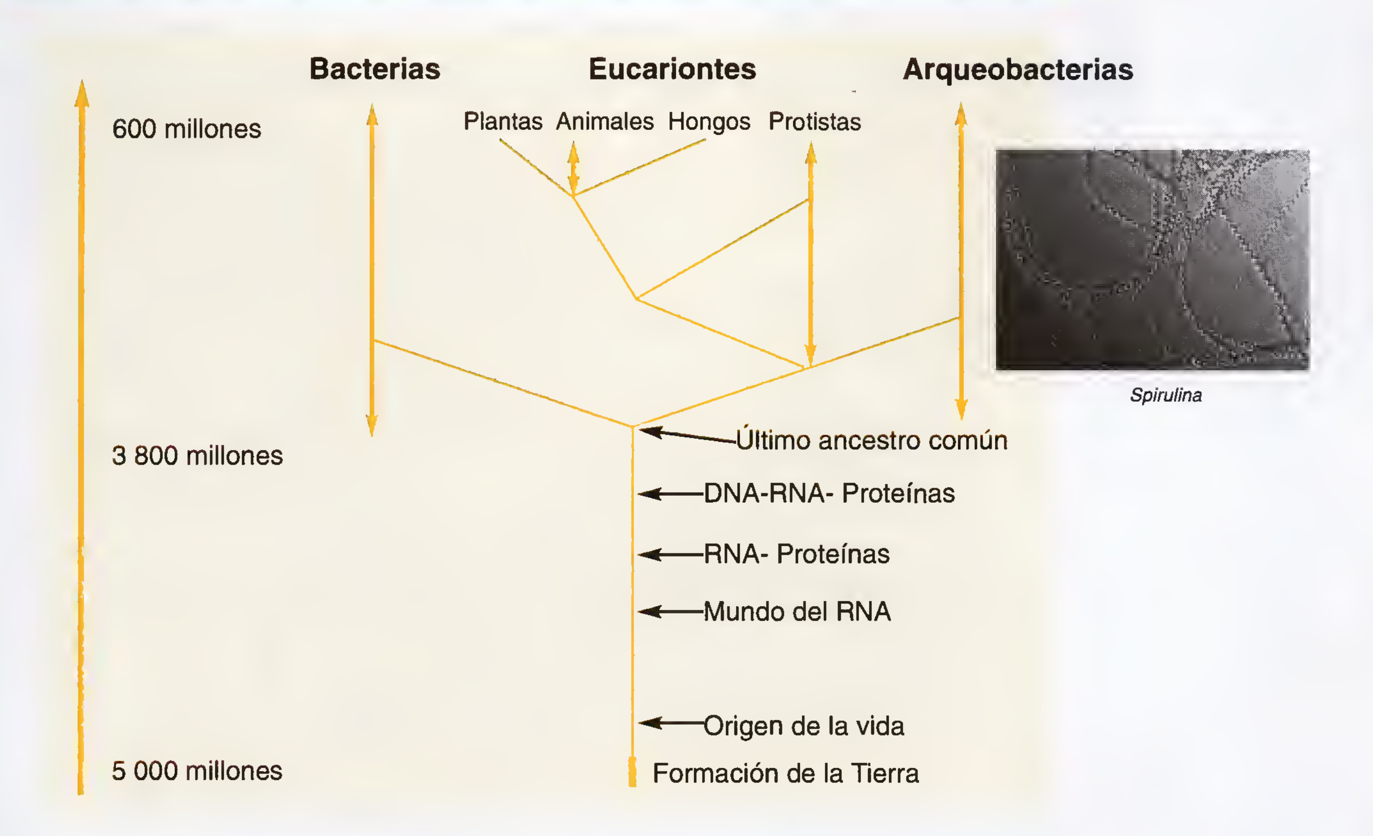
¿Qué es la diversidad microbiana? En un sentido amplio, es la variedad de microorganismos que hay en la naturaleza y sus adaptaciones. Pero, ¿a qué nos referimos cuando hablamos de variación en microorganismos? Se consideran como microorganismos los grupos de hongos microscópicos, protistas, Archaea, eubacterias y virus. A lo largo de la historia, el reconocimiento de los primeros microorganismos se hizo por medio de sus diferencias morfológicas, tanto del microbio en sí como de los efectos que producen en enfermedades (anatómicas); después, por sus diferencias metabólicas (químicas), más adelante por sus diferencias inmunológicas y propiedades macromoleculares (biomoléculas), y por último por sus homologías moleculares (evolutivas). La problemática imperante era discernir entre los diferentes grupos y la relación que guardan entre ellos; este último punto era el que causaba más problemas. Cuando se determinó el grado de similitud entre algunos grupos de microorganismos, la primera consecuencia fue la separación de las bacterias en dos grupos: Eubacterias y Archaea. La segunda fue el inicio de una clasificación natural, basada en la evolución, que incluyera a todos los microorganismos e incluso se relaciona con los macroorganismos. Esta separación es muy importante pues la diferencia es mayor que la que existe entre plantas y animales. Por lo tanto, ahora la diversidad microbiana se puede definir en términos filogenéticos, es decir, reflejadas en un cladograma o árbol filogénetico al comparar moléculas homólogas (fig. 2). Asimismo, ha sido posible redefinir los términos microorganismo y especie bacteriana.

Los beneficios de tales avances van más allá de la observación de los microorganismos conocidos, pues han permitido detectar diversidad microbiana cuya existencia era ignorada. De hecho, es paradójico que, en realidad, muchos de estos nuevos linajes descubiertos son muy ubicuos en la naturaleza.

La ventaja de estudiar los microorganismos desde la perspectiva de la biodiversidad es que se construyen los puentes que unen a las diferentes áreas de la microbiología. Es decir, se establece un marco conceptual a partir del cual las diferentes áreas pueden integrarse y crecer en una microbiología que refleje las relaciones naturales que existen entre los organismos. Este nuevo modelo involucra nuevos conceptos, los cuales permiten instrumentar métodos y tecnologías que aceleran, profundizan y perfeccionan el estudio de la microbiota. Por ejemplo, en la ecología microbiana se pueden hacer estudios cuantitativos de las comunidades y diagnósticos de patógenos sin el obstáculo que representaba cultivarlos.

¿Por qué los microorganismos son más diversos que los macroorganismos? Por dos propiedades intrínsecas a su naturaleza; la primera es su historia evolutiva (el tiempo) y la segunda es su rápida capacidad para adaptarse al cambio (el ambiente) (fig. 3). Las pruebas muestran que la vida surgió en la Tierra hace poco más de 3 500 millones de años y la primera forma más evidente de esta vida son las bacterias. A lo largo de su evolución, las bacterias han desarrollado una gama de metabolismos, los cuales surgieron como adaptación a los diferentes ambientes terrestres y mediante los que lograron aprovechar diferentes fuentes de energía. A tal punto pudieron adaptarse las bacterias que en su conjunto controlan los ciclos básicos de la materia, como son los del carbono, el nitrógeno, el oxígeno y el fósforo. Fueron éstos quienes transformaron la atmósfera primitiva de reductora a oxidante. Por lo tanto, los microorganismos son más diversos porque fueron los que colonizaron primero la Tierra y han ido adaptando y diversificándose a lo largo

Figura 3. Cuadro comparativo de la historia evolutiva de los principales grupos de microrganismos (Bacteria, Archaea, Protista y algunos Eucariota).

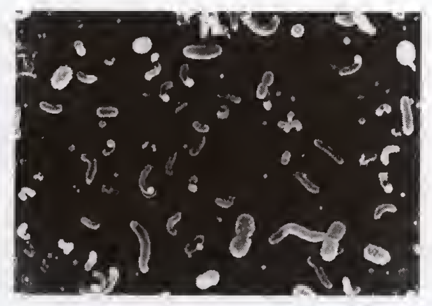


Spirulina

del tiempo, lo cual les permite reaccionar rápidamente ante los cambios ambientales. Las consecuencias de estas formas evolutivas se manifiestan en una mayor diversidad morfológica, genética y metabólica, en los mecanismos moleculares (replicación, transcripción, traducción, transporte biomolecular, adherencia y obtención de energía), en sus adaptaciones para vivir en los ambientes más extremos y diversos (v. gr. a una profundidad de 10 km de la superficie terrestre, flotando en el aire, en lagos salados o bajo la capa polar y en aguas hidrotermales), así como en la posibilidad de crear nuevos nichos, que a su vez darán lugar a una mayor biodiversidad, y permitirán que la vida continúe.

En nuestros días, las industrias que originalmente estaban ancladas a un "nicho", ya sea en alimentos (Nestlé, ADM), productos agrícolas, farmacéuticos (Merck, Bayer) o químicos (Dow Chemicals, Dupont) y algún segmento de la biotecnología, han estado experimentando una transformación infraestructural mayúscula y se han orientado hacia el desarrollo de innovaciones biotecnológicas. Esto les ha permitido lanzar al mercado nuevos productos, crear nuevos mercados y competir intensamente entre sí por los espacios. La magnitud de las inversiones financieras implicadas representa un monto mayor que la suma del producto interno bruto de 100 países, todo para acelerar la producción de nuevas tecnologías, pues se prevé que la biotecnología producirá grandes ganancias. Por ejemplo, los productos farmacéuticos representan un valor de entre 35 y 50 mil millones de dólares, la producción de drogas es de 4 500 millones y la de enzimas industriales 1 300 millones. También ha aumentado el número de secuencias de DNA patentadas: en 1991 era apenas de 4 000, y para 1996 sumaban ya 500 000. Esto está sucediendo en compañías de Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia, Suiza y Escandinavia.

En este sentido el descubrimiento de la existencia de una mayor diversidad microbiana representa una fuente importante de nuevos productos, de valor incalculable para la industria biotecnológica. Debido a la intensa competencia que existe, se corre el riesgo de que las compañías no realicen los estudios adecuados para medir los efectos que pueden tener los nuevos productos y servicios en la salud y el ambiente (bioseguridad). En todo el mundo se han creado diferentes iniciativas y estrategias para estudiar y usar la microbiodiversidad; algunos ejemplos son el caso de INBio en Costa Rica, The British Microbial Biodiversity Association, The British Council Indonesia (Department for International Development), Microbial Information Network of China, The Institute for Genomic Diversity en la Universidad de Cor-



Picoplancton

Es necesario establecer un marco legal que regule los aspectos de propiedad de la microbiodiversidad, prospección biológica, bioseguridad y uso de la biotecnología.

nel, EUA y Research Training Group in Prokaryotic Diversity.

En los últimos dos siglos la interacción de naturaleza y hombre ha entrado en un espiral en la que los cambios en la naturaleza se han vuelto irreversibles, debido a que al romper o alterar los ecosistemas naturales en forma irracional se eliminan los mecanismos que permiten la creación de diversidad biológica. Apenas se está viendo y comprendiendo cómo esta realidad afecta a los microorganismos, pues antes no había suficientes herramientas para evaluar su impacto y el papel que los microbios desempeñan en los diferentes ecosistemas. Esta problemática ambiental que ahora es parte de la globalización mundial se intenta resolver con las iniciativas marcadas en el Convenio sobre la Diversidad Biológica establecido en Río de Janeiro, que abrió un debate serio sobre cómo se debe interpretar o aplicar la normatividad propuesta en dicho Convenio para microorganismos, pues muchos de los postulados están pensados para macroorganismos, por lo cual es difícil aplicarlos. Además el conocimiento de la diversidad microbiana es menor que el de los demás organismos y la dinámica para estudiarlos requiere más herramientas tecnológicas. Con esta problemática y con la intención de adecuar estas normas a la de los microorganismos, el Séptimo Congreso Internacional sobre Colecciones de Cultivos integró un grupo de trabajo que formulará guías para poder abordar y adecuar las iniciativas acordadas en Río. Algunas de las propuestas son que en las políticas de conservación y desarrollo sustentable se haga énfasis en la diversidad microbiana, y apoyar los inventarios y la conservación de esa diversidad en colecciones. En particular, las universidades deberán promover el incremento del número de profesores en sistemática microbiana, lo cual es vital para el continuo desarrollo de estrategias aplicadas a la biodiversidad.

En este contexto, México requiere urgentemente la creación de un programa nacional que establezca las prioridades, estrategias y directrices que deberán articular el estudio y uso de su diversidad microbiana. Un aspecto muy importante, la columna vertebral de un programa de esta naturaleza, es consolidar y articular la realización de inventarios biológicos y el funcionamiento de las colecciones microbianas. Asimismo, es necesario sistematizar la información recabada en bases de datos y resolver las cuestiones concernientes a la diversidad microbiana que se plantean en el Convenio sobre la Diversidad Biológica, con el fin de establecer un marco legal que regule los siguientes aspectos: propiedad de la microbiodiversidad, prospección biológica, bioseguridad y uso de la biotecnología.

[1]CICATA, [2]University of Maryland, [3]CONABIO, [4]Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN

Bibliografía

Access to ex-situ microbial genetic resources. http://www.unep.org/unep/products/eeu/ecoserie/ecos4/ecos43.htm

Blaine, L. The Economic Value of Microbial Diversity Information.

Enríquez, J. Genomics and the World's Economy. *Science* **14**(281):925-926, 1998.

Staley, J. *et al. The Microbial World: Foundations of the Biosphere.* ASM, Report, 1997.

The World Federation for Culture Collections (WFCC) http://wdcm.nig.ac.jp/wfcc/

http://wdcm.nig.ac.jp/wfcc/Halifax98.html
http://wdcm.nig.ac.jp/wfcc/0624REP.html

Within the framework of the convention on biological diversity. http://wdcm.nig.ac.jp/wfcc/InfoDoc.html

Woese, C.R. There must be a prokaryote somewhere: Microbiology's search for itself. *Microbiol. Rev.* **58**:1-9, 1994.

Woese, C.R. Microbiology in transition. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 91(5):1601-1613, 1994.

Zedan, H. The Economic Value of Microbial Diversity, 1995.

Antonio Santos-Moreno, Ana Lilia Trujano-Álvarez,
Jaime Calderón y Miguel Briones-Salas*

TOPOS Y MUSARAÑAS: ANIMALES MISTERIOSOS Y POCO CONOCIDOS

Los mamíferos, junto con las aves, son actualmente los grupos de vertebrados dominantes, tanto en número de individuos como en variedad de formas. Uno de los grupos de mamíferos que los zoólogos han denominado insectívoros, son los representados en nuestro país por topos y musarañas, aunque existen representantes de este grupo que no se encuentran en México ni en América, como los erizos, topos dorados y otros.

Debido a su pequeño tamaño, a su actividad nocturna en algunos casos y en otros a su forma de vida excavadora, así como a su similitud con miembros de otros grupos como los roedores, son animales muy poco conocidos para el público en general. Sin embargo, son importantes porque aportan información sobre los procesos evolutivos de otros grupos de mamíferos, además de ser considerables depredadores de insectos y roedores. Por todo ello, pretendemos en este trabajo describir sus características más importantes, su diversidad y distribución en nuestro país y en el resto del mundo, así como el estado de conservación que guardan en el territorio nacional.

Este grupo es muy antiguo; los fósiles más viejos pertenecientes a insectívoros son de finales del periodo Cretácico, el cual terminó hace aproximadamente 65 millones de años. Es probable que los primeros insectívoros hayan coexistido con los últimos dinosaurios, e incluso algunos paleontólogos han propuesto que un desarrollo explosivo de los mamíferos fue la causa de su desaparición. Los representantes más antiguos forman un grupo con características muy primitivas del cual se cree que derivaron otros grupos de mamíferos, como carnívoros, primates y ungulados.

A pesar de su antigüedad, los insectívoros han cambiado muy poco, reteniendo muchas características primitivas heredadas de sus ancestros más antiguos. Entre éstas se pueden mencionar el tener extremidades sin especializaciones particulares como las de caballos, venados y sus parientes, o en un caso extremo las alas de los murciélagos o las aletas de ballenas y delfines. Asimismo, se cree que los dientes de los primeros mamíferos presentaban una forma similar a los de las musarañas. Los mamíferos más avanzados se caracterizan, además, porque los pequeños huesos que conforman el oído medio se encuentran protegidos en una estructura denominada bula auditiva. En los insectívoros, esta estructura, aunque presente, es incompleta.

En el mundo se reconoce la existencia de 1 103 géneros y 4 531 especies de mamíferos terrestres. De éstos, 66 géneros y 428 especies son insectívoros, de los cuales 23 géneros y 312 especies son musarañas y 17 géneros y 42 especies son topos. En el listado más reciente de mamíferos para nuestro país se reconoce la presencia de 466 especies terrestres, de las cuales, seis géneros y 23 especies son insectívoros; las musarañas contribuyen con cuatro géneros y 21 especies, mientras que existen dos géneros y dos especies de topos. Es decir, casi 5% de la fauna de mamíferos terrestres nativos del país son insectívoros: las musarañas representan 4.5% y los topos únicamente 0.5%. Los insectívoros están agrupados en siete familias. A continuación se mencionan brevemente la distri-bución geográfica y la diversidad mundial de ellas, con especial atención a las presentes en nuestro país.

La familia Solenodontidae está representada por un género y tres especies; se les conoce comúnmente como solenodones y se les encuentra únicamente en Cuba, Haití y la República Dominicana. En Puerto Rico, Haití y Cuba se encuentran los almiquíes, que pertenecen a la familia Nesophontidae, de la cual únicamente se conoce un género con ocho especies.

La familia Tenrecidae es exclusiva de Madagascar y África Central; incluye 10 géneros y 24 especies, y se les conoce como tenrecs. También en África habitan los topos



Cryptotis parva

dorados, que integran la familia Chrysochroridae, que está integrada por siete géneros y 18 especies. Los erizos verdaderos pertenecen a la familia Erinaceidae, y se distribuyen en los continentes europeo, asiático y africano; a esta familia pertenecen siete géneros y 21 especies.

La familia Talpidae incluye los topos verdaderos, y está representada por 17 géneros y 42 especies; se distribuyen en zonas frías y templadas tanto de América como de Europa y Asia. Los fósiles más antiguos que se conocen son de origen europeo y aparecieron en el Mioceno. En nuestro continente los registros más sureños de esta familia son del norte de nuestro país, en donde se ha documentado la presencia de dos géneros, cada uno representado por una especie: *Scalopus aquaticus* en el norte de Tamaulipas y Coahuila, y *Scapanus latimanus* en el norte de Baja California. El nombre genérico *Scalopus* proviene de las palabras griegas *scalops*, que significa cavar o excavar y *pous*, que significa patas, es decir, patas excavadoras, mientras que *Scapanus* proviene de *scaphe*, que significa instrumento cavador.

Es importante aclarar que en muchas zonas de nuestro país, principalmente en el sureste, se denomina topos a las tuzas, las cuales comparten con los topos la forma de vida subterránea, y algunas adaptaciones a ésta, como orejas y ojos muy reducidos, garras muy desarrolladas y pelo corto, pero realmente son miembros del orden Rodentia, parientes cercanos de ardillas, ratas y ratones.

El cuerpo tiene forma de torpedo, tanto los miembros anteriores como los posteriores son cortos, los ojos son muy pequeños e incluso están cubiertos por pliegues de piel en algunas especies. Usualmente no presentan orejas. Los huesos que conforman la cintura pélvica, los miembros anteriores y las patas delanteras están altamente modificados como una adaptación para hacer más eficiente la actividad de excavación. Las manos están rotadas de modo que los dedos apuntan hacia afuera, las palmas se encuentran hacia atrás y los codos apuntan hacia arriba. Además, las falanges son cortas, las garras son muy largas y la clavícula y el húmero son particularmente cortos y robustos.

La dieta varia fuertemente entre especies, pero en general lombrices, insectos y otros invertebrados constituyen la base de su alimentación. La madriguera consta de unos túneles profundos que en muchas ocasiones incluyen una cámara que funciona como nido, así como otros menos profundos utilizados para buscar alimento. Los miembros de muchas especies son solitarios, excepto durante la época reproductiva. En promedio tienen una sola camada al año, dando a luz de dos a cinco crías en cada parto. Los topos sólo están presentes en los estados de Baja California, Coahuila y Tamaulipas; de hecho, los sitios en que se han colectado los ejemplares están ubicados en las porciones más norteñas de estas entidades.

La familia Soricidae es la más diversa de todo el orden Insectivora, y en ella se incluye a las musarañas, las cuales están presentes en todo el mundo, con excepción de América del Sur, los polos y el continente australiano.

El peso va desde dos gramos en las especies más pequeñas hasta 180 gramos en las más grandes y la longitud máxima del cuerpo (desde la punta de la nariz hasta la punta de la cola) va de seis a 30 cm y, de hecho, los mamíferos más pequeños que se conocen en el mundo pertenecen a este grupo. El pelaje es corto y suave. Los ojos, aunque visibles, son muy pequeños. El primer par de dientes incisivos (dientes frontales) son grandes, curvos y a diferencia de todos los otros mamíferos, tiene dos cúspides principales. En algunas especies aún se puede encontrar una cloaca, que es una estructura en la que convergen tanto el aparato reproductor como el excretor.

Figura 1. Distribución geográfica en México de cuatro géneros de musarañas y dos especies de topos.

Como consecuencia de su tamaño tan pequeño, las musarañas presentan las tasas metabólicas más altas entre los mamíferos, gracias a lo cual pueden consumir el equivalente de hasta dos veces su propio peso corporal por día. Algunas especies tienen la capacidad de ubicar a sus presas y otros elementos por medio de un sistema similar al de los murciélagos, ballenas y delfines, denominado ecolocalización. Esta actividad básicamente consiste en la emisión de sonidos por medio de la garganta o de la nariz, los que al chocar con los objetos rebotan con ciertas características; al ser captados por medio de las orejas, estos sonidos son interpretados por el cerebro, definiendo aspectos como distancia, dirección y consistencia.

Algunas especies secretan en la saliva una sustancia tóxica que sirve para inmovilizar a la presa. Regularmente son activos tanto en el día como en la noche, buscan su alimento bajo los troncos caídos, entre la hojarasca y bajo las rocas, consumen principalmente invertebrados pequeños como insectos y lombrices de tierra, aunque son capaces de devorar ratones de tamaño considerablemente mayor que el suyo. En general son animales solitarios, excepto en la época reproductiva. Algunas especies pueden tener hasta tres crías por camada.

En nuestro país esta familia está representada por cuatro géneros y 21 especies. El género *Cryptotis* incluye siete especies, conocidas como musarañas de cola corta, debido precisamente a que ésta es pequeña, pues suele medir de 20 a 50% de la longitud máxima del cuerpo. El nombre del género proviene de las raíces griegas *cryptos*, que significa oculto, y *otis*, que significa oreja, es decir, son las musarañas de orejas pequeñas u ocultas, aunque en realidad las orejas no son especialmente pequeñas. El nombre del género, *Sorex*, significa en griego precisamente musaraña o ratón silvestre; en nuestro país se distribuyen 12 especies y, en contraste con los miembros del género *Cryptotis*, la cola es aproximadamente tres veces más larga que la mitad de la longitud total del cuerpo.

Cuadro 1. Diversidad de especies de insectívoros por entidad federativa en México. Se muestra el número de subespecies con distribución en el territorio nacional y el estado de conservación de acuerdo con la Semarnap: R=rara, *=subespecie amenazada, E= en peligro, T=amenazada.

Especie	Num. de subespecies	Estado de conservación	Endidad federativa
Musarañas			
Cryptotis mexicana	4	R	Chis., Hgo., N.L., Oax., Pue., Q. Roo.,Tam., Ver.
Cryptotis parva	4	R*	Coah.,Chis., D.F., Gto.,Jal., Méx., Mich., Nay., N.L., Oax., Pue., S.L.P., Tams., Ver.
Cryptotis goldmani	2	R*	Chis., D.F., Gro., Jal., ?ex., Mich., Oax.,
Cryptotis magna		R	Oax.
Cryptotis godwini			Chis.
Cryptotis mayensis		R*	Gro., Q. Roo, Yuc.
Cryptotis merriami			Chis.
Megasorex gigas		T	Col., Gro., Hgo., Jal., Méx., Mich., Nay., Oax.
Notiosorex crawfordi	2	T*	B.C., Coah., Chih., Dgo., Hgo., Jal., Mich., Nay., N.L., Sin., Son., Tams., Zac.
Sorex milleri		R	Coah., N.L.
Sorex saussurei	4	R*	Ags., Coah., Chis., D.F., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Méx., Mich., Mor., N.L. Oax., Pue., Q.Roo, Tams., Ver.
Sorex ventralis			Méx., Mich., Oax., Pue.
Sorex veraepacis	2	R*	Chis., Gro., Oax.
Sorex oreopolus			Jal., Méx., Mich., Mor., Pue., Tlax., Ver.
Sorex macrodon		R	Pue., Ver.
Sorex emarginatus			Dur., Jal., Nay., Zac.
Sorex ornatus	3	R*	B.C., B.C.S.
Sorex sclateri		R	Chis.
Sorex stizodon		R	Chis.
Sorex arizonae		E	Chih.
Sorex monticolus	1	R	Chih., Dgo.
Topos			
Sorex aquaticus	2	E	Coah., Tams.
Sorex latimanus	2	E*	B.C.

Los nombres *Megasorex* y *Notiosorex*, que son los otros dos géneros de musarañas que se encuentran en el territorio nacional, provienen de los prefijos *mega* y *notio*, que significan grande y sureño, respectivamente. Se les puede encontrar en los bosques de pinos y encino a altitudes que van desde los 1 300 a los 3 000 m asociados a zonas donde hay musgo, aunque también podemos encontrar especies que habitan en zonas desérticas. Son animales muy poco abundantes a juzgar por el reducido número de ejemplares de estas especies depositados en colecciones científicas.

Las musarañas están presentes prácticamente en todo el territorio nacional (figura 1, cuadro 1), con excepción de los estados de Campeche y Tabasco. En contraste, Chiapas, Jalisco y Oaxaca presentan la mayor diversidad, con ocho especies cada uno, seguidos por Michoacán, con siete.

Los miembros del género *Sorex* son los de más amplia distribución en nuestro país, únicamente están ausentes en los estados de Campeche, Tabasco, Colima, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa y Sonora. Los miembros del género *Cryptotis* están ausentes en los mismos estados que *Sorex*, así como en Aguascalientes, la Península de Baja California, Chihuahua, Durango, Tlaxcala y Zacatecas.

El género *Notiosorex* está representado únicamente por una especie, *N. crawfordi*, y dos subespecies, cuya distribución más norteña llega a Estados Unidos. En nuestro país, esta especie se localiza en las zonas norte y centro. El género *Megasorex* también está representado por una sola especie, *M. gigas*, y se distribuye exclusivamente en nuestro país, desde Nayarit hasta Oaxaca.

De las siete especies de *Cryptotis* con distribución en el país, cuatro (57%) están consideradas dentro de alguna categoría especial de conservación de acuerdo con la Semarnap (cuadro 1), mientras que de las 13 especies del género *Sorex*, nueve (69%) están en alguna categoría. Los miembros de los géneros *Notiosorex* y *Megasorex* están considerados por las leyes mexicanas como amenazados, al igual que las dos especies de topos que se distribuyen en el país. Como en la gran mayoría de las especies con algún grado de amenaza, los principales factores que ponen en peligro a los insectívoros son la fragmentación y la desaparición de los ecosistemas en que habitan.

Finalmente deseamos expresar que es imprescindible realizar un mayor número de estudios sobre este enigmático grupo para conocer sus hábitos, el parentesco entre las especies y de su papel en los ecosistemas que habitan.

Agradecimientos

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad aportó los recursos para el desarrollo de este trabajo por medio del proyecto Mamíferos de la región Sierra Norte de Oaxaca (clave

R104, responsable MB-S.). C. García, A. Marín, F. Vargas y L. Velásquez colaboraron activamente en el trabajo de campo.

*Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Oaxaca.

Bibliografía

Arita, H. T. y G. Ceballos. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología*, **2**:33-71, 1997.

Hall, E. R. *The Mammals of North America*. 2a. ed. John Wiley and Sons, Nueva York, 1981.

Lawlor, T. E. *Handbook to the Order and Families of Living Mammals*. 2a. ed. Mad River Press, California, 327 pp, 1979.

Ramírez-P., J., A. Castro-Campillo, J. Arroyo-Cabrales y F. A. Cervantes. Lista taxonómica de los mamíferos de México. Occasional Papers, The Museum, Texas Tech University, **158**:1-62, 1996.

Wilson, D. E. y D. M. Reeder (eds.). Mammal Species of the World, a Taxonomic and Geographic Reference, 2a. ed. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 1206 pp, 1993.

Yates, T. L. Insectivore, Elephant Shrews, Tree Shrews, and Dermopterans (pp. 117-144). En: *Orders and Families of Recent Mammals of the World* (S. Anderson y J. K. Jones, Jr., eds.). John Wiley and Sons, Nueva York, 686 pp, 1984.

SÍNTESIS DEL ESTADO DE LAS COLECCIONES BIOLÓGICAS MEXICANAS



La investigación taxonómica y en particualar las colecciones biológicas constituyen una base fundamental para el avance en el conocimiento sobre la biodiversidad.

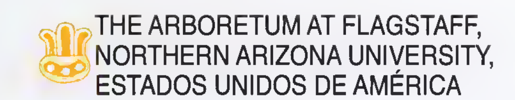
La CONABIO, como organismo promotor y coordinador de las investigaciones realizadas en el país sobre biodiversidad, detectó la necesidad de llevar a cabo un diagnóstico del estado actual de las colecciones científicas existentes en México, con el fin de conocer la infraestructura tanto institucional como humana con que cuenta el país en este tema, y poder trazar estrategias de coordinación, apoyo y estímulo para la actividad taxonómica.

En 1996, con la aplicación de un detallado cuestionario, se recabó y actualizó la información de 193 colecciones biológicas de todo el país, dando paso después a la sistematización y análisis de la información obtenida.

Los resultados de este importante esfuerzo se resumen en la *Síntesis del estado de las colecciones biológicas mexicanas*, publicada en 1999 por la CONABIO. Los autores de dicha publicación son Jorge Llorente Bousquets, Patricia Koleff Osorio, Hesiquio Benítez Díaz y Liliana Lara Morales.

En la obra se analizan el estado que guardan las colecciones del país, su número y distribución, su cobertura taxonómica y geográfica, el estado curatorial y la catalogación, así como la infraestructura y los recursos humanos con que cuenta cada una de ellas.

En los apéndices se proporcionan el directorio de las 193 colecciones y el directorio del personal adscrito a ellas. Se incluyen además dos disquetes en los que se encuentra la base de datos completa en el programa Microsoft Access para Windows 95, en donde se pueden consultar los datos de cada institución y persona que contribuyó en la recopilación de la información.

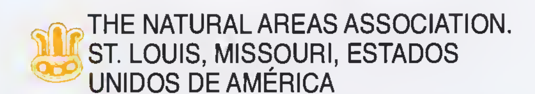


THE ARBORETUM AT FLAGSTAFF, NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Third Rare and Endangered Plant Conference, Northern Arizona University, Estados Unidos de América

Del 25 al 28 de septiembre de 2000

Informes: Dr. Joyce Maschinski
The Arboretum at Flagstaff
4001 S. Woody Mountain Road
Flagstaff, AZ 86001
Tel: (520) 774-1442;
Correo e: joyce.maschinski@nau.edu
Web: http://www.thearb.org/conferen.htm

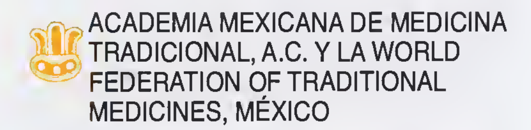


THE NATURAL AREAS ASSOCIATION. ST. LOUIS, MISSOURI, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

27th Annual Natural Areas Conference. St. Louis, Missouri, Estados Unidos de América

Del 16 al 20 de octubre de 2000

Informes: Kate Leary, Missouri Department of Conservation
Tel.: +1-573-751-4115 ext 183
Fax: +1-573-526-5582
Correo e: learyk@mail.conservation.state.mo.us
Web: http://www.conservation.state.mo.us/nac



ACADEMIA MEXICANA DE MEDICINA TRADICIONAL, A.C. Y LA WORLD FEDERATION OF TRADITIONAL MEDICINES, MÉXICO

XIV Congreso Internacional de Medicina Tradicional, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México

Del 10 al 14 de noviembre de 2000

Informes: en la Ciudad de México, Tel.: 5553 9980
Fax: 5553 9980
Correo-e: huttereroscar@hotmail.com
Web: http://congreso.medicina.tradicional.homepage.com/

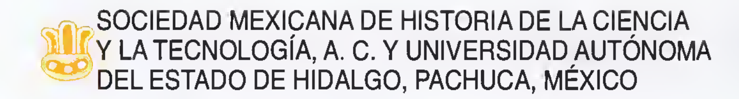


FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA DE LA UNAM, MÉXICO

XVII Simposio sobre Fauna Silvestre, México

Del 22 al 24 de noviembre de 2000

Informes: División de Educación Continua
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM
Tel.:5622 5852 y 5622 5853
Fax: 5622 5851
Correo-e: carmence@servidor.unam.mx
Web: http//www.veterin.unam.mx/fmvzunam/decunam.htm



SOCIEDAD MEXICANA DE HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, A. C. Y UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO, PACHUCA, MÉXICO

VII Congreso Mexicano de Historia de la Ciencia y la Tecnología, Pachuca, Hidalgo, México

Del 26 al 29 de noviembre de 2000

Informes: Biól. Consuelo Cuevas o Dr. Óscar Flores Villela
Correo-e: 7cmhct@uaeh.reduaeh.mx
Web: http://www.smhct.org/vii_congreso_mexicano.htm



COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La CONABIO es una comisión intersecretarial dedicada a coordinar y establecer un sistema de inventarios biológicos del país, promover proyectos de uso de los recursos naturales que conserven la diversidad biológica y difundir en los ámbitos nacional y regional el conocimiento sobre la riqueza biológica del país y sus formas de uso y aprovechamiento.

SECRETARIA TÉCNICA: Julia Carabias Lillo
COORDINADOR NACIONAL: José Sarukhán Kermez
SECRETARIO EJECUTIVO: Jorge Soberón Mainero
DIRECTOR DE SERVICIOS EXTERNOS: Hesiquio Benítez Díaz



COORDINADOR: Fulvio Eccardi ASISTENTE: Rosalba Becerra
CORREO E: biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
DISEÑO: Luis Almeida, Ricardo Real PRODUCCIÓN: BioGraphica
Liga Periférico Sur-Insurgentes 4903, Col. Parques del Pedregal, 14010 México, D.F.
Tel. 5528 9100, fax 5528 9125, http://www.conabio.gob.mx
Registro en trámite